

Method and apparatus for producing workpieces by buildup welding

Patent number: DE19841892
Publication date: 1999-09-30
Inventor: SCHUMACHER HARALD (DE)
Applicant: FRAUNHOFER GES FORSCHUNG (DE)
Classification:
- **international:** B23K9/04; B23K26/00
- **european:** B23K26/34
Application number: DE19981041892 19980911
Priority number(s): DE19981041892 19980911

Abstract of DE19841892

Workpiece holding unit (1) with the substrate plate (2) is placed into sleeve (6). Before application of each subsequent layer, the sleeve is raised (or the workpiece (3) is lowered) so that the level of the sleeve edge coincides with the top surface of the last layer. Spaces between workpiece contours and between the workpiece and the sleeve edge are filled with mineral or ceramic powder. The method for layer-wise production of a workpiece (3) on a substrate plate by buildup welding, for example, by laser generation, involving subsequent machining of the contours and the top surface of each latest layer is characterized by the following steps: (a) the workpiece holding unit (1) with the substrate plate is placed into a sleeve (6); (b) before application of each subsequent layer, the sleeve is raised (or the workpiece is lowered) so that the level of the sleeve edge coincides with the top surface of the last layer; and (c) the spaces between the workpiece contours, as well as those between the workpiece and the sleeve edge are filled with a mineral or ceramic powder. An independent claim is also included for an apparatus for producing workpieces by buildup welding which includes a sleeve which is axially movable relative to the workpiece holding unit.

THIS PAGE BLANK (USPTO)



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Patentschrift
10 DE 198 41 892 C 1

51 Int. Cl.⁶:
B 23 K 9/04
B 23 K 26/00

21 Aktenzeichen: 198 41 892.2-34
22 Anmeldetag: 11. 9. 98
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 30. 9. 99

DE 198 41 892 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Technik e.V., 80636 München, DE

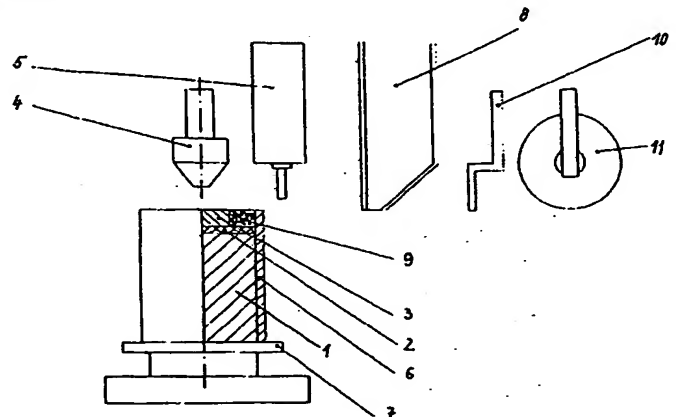
74 Vertreter:
W. König und Kollegen, 52064 Aachen

72 Erfinder:
Schumacher, Harald, 52222 Stolberg, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 195 33 960 C2

54 Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung von Werkstücken

57 Zur schnellen Fertigung von Werkstücken, zum Beispiel von metallischen Werkzeugen, ist ein Verfahren geeignet, das in der jüngsten Zeit unter dem Begriff "Controlled Metal Build Up" (CMB) bekanntgeworden ist. Hierbei handelt es sich um ein kombiniertes Verfahren von Auftragschweißen und spanender Bearbeitung, zum Beispiel Laserauftragsschweißen (Lasergenerieren) und Hochgeschwindigkeitsfräsen. Nachteilig bei dem Verfahren ist bisher, daß die bereits bearbeiteten Konturen des Werkstücks beim Aufbringen der weiteren Schichten durch spritzende Schweißpartikel geschädigt werden. Die Erfindung besteht darin, daß die Werkstückhalterung mit der Substratplatte in eine zur Bearbeitungsseite des Werkstücks offene Hülse eingebracht wird, und daß vor dem Aufbringen der zweiten und jeder nachfolgenden Schicht die Hülse so weit nach oben über das Werkstück geschoben wird, respektive das Werkstück entsprechend abgesenkt wird, bis die Fläche des oberen Randes der Hülse mit der Oberfläche der aufgetragenen Strukturen eine Ebene bildet, und die Zwischenräume zwischen den Strukturen sowie zwischen den Strukturen und dem Rand der Hülse mit einem mineralischen oder keramischen Pulver bis zu deren Oberkante dicht aufgefüllt werden. Die Vorrichtung ist so aufgebaut, daß sie ein die Werkstückhalterung (1) umgebende Hülse (6) aufweist, deren Innenkontur der Außenkontur der Werkstückhalterung (1) angepaßt ist, wobei Werkstückhalterung (1) und Hülse (6) relativ in ihrer axialen Richtung ...



DE 198 41 892 C 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung von Werkstücken. Bei dem Verfahren werden mittels Auftragsschweißen, zum Beispiel Lasergenerieren, schichtweise erhabene Strukturen auf die Oberfläche einer Substratplatte aufgebracht, die in einer Werkstückhalterung gehalten wird. Nach jedem, ggf auch nach mehrfachem Auftragen einer Metallschicht, erfolgt eine spanende Konturbearbeitung der aufgetragenen Schichten. Außerdem wird die jeweils zuletzt aufgetragene Schicht vor dem Aufbringen einer nächsten Schicht in der Regel spanend planbearbeitet. Die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens weist eine Werkstückhalterung, eine Einrichtung zum Auftragsschweißen und eine Einrichtung zur spanenden Bearbeitung eines Werkstücks auf.

Zur schnellen Fertigung von Werkstücken, zum Beispiel von metallischen Werkzeugen, ist ein Verfahren geeignet, das in der jüngsten Zeit unter dem Begriff "Controlled Metal Build Up" (CMB) bekanntgeworden ist. Hierbei handelt es sich um ein kombiniertes Verfahren von Auftragsschweißen und spanender Bearbeitung, zum Beispiel Laserauftragsschweißen (Lasergenerieren) und Hochgeschwindigkeitsfräsen. Dabei wird in einen fokussierten Laserstrahl mit Hilfe einer Düse Metallpulver eingeblasen und dort vollständig aufgeschmolzen. Durch eine Relativbewegung zwischen Düse und der Arbeitsfläche des Werkstücks kann man eine Art Schweißbraupe aufbringen, die in mehreren Schichten dann konturnahe Erhebungen einer gewünschten Struktur ergeben. Statt eines Metallpulvers kann auch ein Metalldraht in das Schmelzbad eingebracht werden.

Nach dem Auftragen einer Schicht erfolgen zwei Fräsoptionen, da die Ecken, Kanten und Oberflächen der aufgetragenen Schicht Verrundungen aufweisen. Mit einer Fräsoption wird die Kontur der gewünschten Struktur nachgefräst und somit die Kantenschärfe und die Form- und Maßgenauigkeit des Werkstücks sichergestellt. Mit einer weiteren Fräsoption wird wieder eine ebene Oberfläche erzeugt, so daß ein weiteres Auftragen nicht zu Fehlern in den nächsten Schichten führen kann. Die Operationen können in einer Maschine vollzogen werden, so daß ein automatischer Ablauf der Verfahrensschritte erfolgt. Das Nachfräsen der Kontur kann ggf. auch erst nach mehrfachem Aufbringen einer Schicht oder zusätzlich zum Nachfräsen nach jedem Schichtauftrag nach dem Aufbringen mehrerer Schichten erfolgen.

Werden sehr schmale Strukturen aufgebracht, so kann eventuell auch auf das Planfräsen verzichtet werden.

Der Vorteil dieses kombinierten Verfahrens besteht einmal darin, daß ein Werkstück mit porenfreiem und homogenem Gefüge entsteht. Zum anderen führt das Verfahren schneller zu einem fertigen Produkt als mit einem rein spanenden Fertigungsverfahren, obwohl dem Auftragen jeder Schicht ein Zerspanungsprozeß nachgeschaltet ist, da dieser mit Fräswerkzeugen mit kleinstem Durchmesser bis unterhalb von 1 mm und geringer Zerspanungstiefe durchgeführt werden kann.

Als zu verarbeitende Materialien kommen Stähle, Kupfer, aber auch Hartlegierungen in Frage.

Das geschilderte Verfahren ist zum Beispiel aus der DE-PS 195 33 960 bekannt.

Nachteilig bei dem Verfahren ist bisher, daß die bereits bearbeiteten Konturen des Werkstücks beim Aufbringen der weiteren Schichten durch spritzende Schweißpartikel geschädigt werden. Die Schweißpartikel haften an den Oberflächen der Strukturen und können dann nur durch eine erneute, das heißt mehrfach wiederholte, zerspanende Behandlung der Konturen wieder entfernt werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung anzugeben, mit denen eine solche mehrfache Nachbehandlung entfallen kann.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe durch ein Verfahren gelöst, bei dem die Werkstückhalterung mit der Substratplatte in eine zur Bearbeitungsseite des Werkstücks offene Hülse eingebracht wird und vor dem Aufbringen der zweiten und jeder nachfolgenden Schicht die Hülse so weit nach oben über das Werkstück geschoben wird, respektive das Werkstück entsprechend abgesenkt wird, bis die Fläche des oberen Randes der Hülse mit der Oberfläche der aufgetragenen Strukturen eine Ebene bildet, und die Zwischenräume zwischen den Strukturen sowie zwischen den Strukturen und dem Rand der Hülse mit einem mineralischen oder keramischen Pulver bis zu deren Oberkante dicht aufgefüllt werden.

Durch das mineralische oder keramische Pulver wird das Werkstück sicher vor den Schweißspritzern der nächsten Schichten geschützt.

Erfolgt der Schichtauftrag mittels Lasergenerieren unter Verwendung von Metallpulver, so kann auf der Oberfläche des Werkstücks nicht aufgeschmolzenes Metallpulver verbleiben. Es empfiehlt sich in diesem Fall, das auf der Oberfläche der zuvor aufgetragenen Metallschicht verbliebene Metallpulver durch Absaugen zu entfernen, bevor die nächste Schicht von mineralischem oder keramischem Pulver eingefüllt wird.

Außerdem empfiehlt es sich, überschüssiges Pulver mit einem Schieber in der Ebene des Randes der Hülse zu entfernen und/oder mit beispielsweise einer Walze etwas zu verdichten.

Ob das Planfräsen vor oder nach dem Einbringen des Pulvers erfolgen muß, hängt von der Art des Pulvers ab. Manche Pulver neigen dazu, sich auf der vorher plangefrästen Oberfläche relativ fest abzusetzen und können dann mittels des Schiebers nicht vollständig entfernt werden. In diesem Fall empfiehlt es sich, das Pulver vor dem abschließenden Planfräsen einzubringen. In anderen Fällen kann das Planfräsen vor dem jeweiligen Einbringen des Pulvers erfolgen. In Abhängigkeit von der Breite der aufgetragenen Strukturen und dem verwendeten Werkstoff kann unter Umständen auch ganz auf das Planfräsen verzichtet werden.

Auch das Konturenfräsen kann nach dem Pulvereintrag erfolgen. Wenn es erst nach dem Aufbringen mehrerer Schichten erfolgt, ist dies ohnehin nicht anders möglich. Das Pulver stört dabei die Fräsbearbeitung nicht.

Eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung ist so aufgebaut, daß sie eine die Werkstückhalterung umgebende Hülse aufweist, deren Innenkontur der Außenkontur der Werkstückhalterung angepaßt ist, wobei Werkstückhalterung und Hülse relativ zueinander in ihrer axialen Richtung verschiebbar sind.

Zweckmäßig enthält die Vorrichtung eine Zuführeinrichtung für das mineralische oder keramische Pulver, die sich über die Substratplatte bzw. das Werkstück bewegen läßt. In gleicher Weise können außerdem ein Schieber und eine Walze angeordnet sein, mit denen überschüssiges Pulver entfernt wird und anschließend das eingebrachte Pulver verdichtet wird.

Erfolgt das Generieren mittels eines Lasers unter Verwendung von Metallpulver, so enthält die Vorrichtung zweckmäßig auch eine Absaugeinrichtung mit einem Absaugrüssel, mit dem die Kontur der aufgetragenen Schicht nachgefräsen und auf der Oberfläche des Werkstücks verbliebenes loses Metallpulver abgesaugt werden kann.

Die verschiedenen Vorrichtungsteile lassen sich in horizontaler Richtung relativ zur Hülse verschieben. Der gesamte Vorgang ist mittels einer geeigneten Steuerungsan-

lage automatisierbar.

Das Verfahren soll anhand des in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert werden.

Eine zur Durchführung des Verfahrens geeignete Vorrichtung enthält eine stempelförmige Werkstückauflage 1 für eine Substratplatte 2, auf der das gewünschte Werkstück 3 generiert wird.

Das Generieren erfolgt mittels eines Lasers, dem innerhalb einer Düse einer Laser/Metallpulverzuführeinrichtung 4 koaxial zu seinem Laserstrahl Metallpulver zugeführt und mit einem Druck von ca. 0,2 bar in die Aufschmelzzone geblasen wird. In einem Arbeitsgang wird am Werkstück 3 eine Schicht von ca. 0,1 mm aufgebracht. Danach wird die Kontur des Werkstücks 3 mittels einer Fräseinrichtung 5 nachgefräst.

Verfahrensgemäß wurde die Werkstoffauflage 1 mit einer Hülse 6 umgeben, die von einer Grundplatte 7 gehalten wird. Die Werkstückauflage 1 wird nun nach dem Konturenfräsen des Werkstückes 3 so weit abgesenkt, bis der Rand der Hülse 6 und die Oberfläche des Werkstücks 3 eine Ebene bilden. Über eine Zuführeinrichtung 8, die sich wie die Fräseinrichtung 5 über die Hülse 6 verschieben läßt, wird nun der durch den Überstand der Hülse 6 entstandene Raum innerhalb der Hülse 6 mit einem mineralischen oder keramischen Pulver 9 aufgefüllt. Überschüssiges Pulver 9 wird mittels eines Schiebers 10, der sich ebenfalls relativ zur Hülse 6 horizontal verschieben läßt, entfernt und das innerhalb der Hülse 6 befindliche Pulver 9 mit einer Walze 11 verdichtet.

Anschließend wird das Werkstück 3 mittels der Fräseinrichtung 5 plangefräst. Pulver 9, das sich zuvor auf der Oberfläche des Werkstücks 3 abgesetzt hat, wird bei diesem Arbeitsgang entfernt, so daß für den nächsten Schichtauftrag wieder eine plane und saubere Werkstückoberfläche vorliegt. Ferner wird so gewährleistet, daß beim nächsten Schichtauftrag der Abstand der zuletzt aufgetragenen Schicht zur Düse der Laser/Metallpulverzuführeinrichtung 4 einen definierten Wert hat. Darauf kann die nächste Schicht generiert werden. Dabei auftretende Schweißspritzer werden gehindert, sich an den bereits generierten Strukturen des Werkstücks 3 anzulegen.

Gegebenenfalls kann nach dem Aufbringen mehrerer Schichten zusätzlich die Kontur der zuletzt aufgetragenen Schichten nachgefräst werden. Da ein neuer Schichtauftrag wegen der damit verbundenen Erwärmung auf die zuletzt aufgetragenen Schichten einwirken kann, wird durch ein solches Nachfräsen die Qualität der Oberfläche der Konturen verbessert. Es hat sich erwiesen, daß das Pulver 9 eine solche zusätzliche Fräsoption nicht beeinträchtigt.

des oberen Randes der Hülse mit der Oberfläche der aufgetragenen Strukturen eine Ebene bildet, und die Zwischenräume zwischen den Strukturen sowie zwischen den Strukturen und dem Rand der Hülse mit einem mineralischen oder keramischen Pulver bis zu deren Oberkante dicht aufgefüllt werden.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Schichtauftrag mittels Lasergenerieren unter Verwendung von Metallpulver erfolgt und nach dem Aufbringen einer Schicht lose auf der Oberfläche des Werkstücks abgelagerte Metallpulverpartikel abgesaugt werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß überschüssiges mineralisches oder keramisches Pulver mit einem Schieber entfernt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das mineralische oder keramische Pulver nach dem Befüllen der Hülse verdichtet wird.

5. Vorrichtung zur Herstellung von Werkstücken, die eine Werkstückhalterung (1), eine Einrichtung zum Auftragsschweißen und eine Einrichtung zur spanenden Bearbeitung eines Werkstückes (3) aufweist, zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorhergehenden Ansprüche, gekennzeichnet durch eine die Werkstückhalterung (1) umgebende Hülse (6), deren Innenkontur der Außenkontur der Werkstückhalterung (1) angepaßt ist, wobei Werkstückhalterung (1) und Hülse (6) relativ zueinander in ihrer axialen Richtung verschiebbar sind.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch eine über die Oberfläche des Werkstücks fahrbare Absaugeinrichtung.

7. Vorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, gekennzeichnet durch eine Zuführungseinrichtung (8) für mineralisches oder keramisches Pulver (9), die über dem in der Werkstückhalterung (1) gehaltene Werkstück (3) positionierbar ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, gekennzeichnet durch einen über den oberen Rand der Hülse (6) fahrbaren Schieber (10).

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, gekennzeichnet durch eine über den oberen Rand der Hülse (6) fahrbare Walze (11).

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung von Werkstücken mittels auf eine in einer Werkstückhalterung gehaltenen Substratplatte schichtweise durch Auftragsschweißen, zum Beispiel Lasergenerieren, aufgetragener erhabener Strukturen, nachfolgender spanender Konturenbearbeitung der aufgetragenen Schichten und spanender Planbearbeitung der zuletzt aufgetragenen Schicht, dadurch gekennzeichnet, daß die Werkstückhalterung mit der Substratplatte in eine zur Bearbeitungsseite des Werkstücks offene Hülse eingebracht wird, und daß vor dem Aufbringen der zweiten und jeder nachfolgenden Schicht die Hülse so weit nach oben über das Werkstück geschoben wird, respektive das Werkstück entsprechend abgesenkt wird, bis die Fläche

